

**IDENTIFIKASI FAKTOR – FAKTOR YANG MEMPENGARUHI
DINAMIKA DEBIT MAKSIMUM TAHUN 2015 – 2020
MENGUNAKAN METODE RASIONAL DAERAH ALIRAN
SUNGAI (DAS) PEPE**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Geografi Fakultas Geografi**

Oleh:

NIDIARTI SINTA UTAMI

E 100 170 073

**PROGRAM STUDI GEOGRAFI
FAKULTAS GEOGRAFI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

**IDENTIFIKASI FAKTOR- FAKTOR YANG MEMPENGARUHI DINAMIKA
DEBIT MAKSIMUM TAHUN 2015 – 2020 MENGGUNAKAN METODE
RASIONAL DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) PEPE**

OLEH

NIDIARTI SINTA UTAMI

E100170073

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Geografi
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin, 9 Agustus 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Dra. Alif Noor Anna, M. Si.

(.....)

(Ketua Dewan Penguji)

2. Danardono, M. Sc.

(.....)

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Vidya Nahdhiyatul Fikriyah, M. Sc.

(.....)

(Anggota II Dewan Penguji)

Dekan,



Jumadi, Ph. D.
NIDN. 0626088003

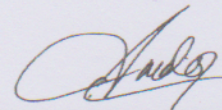
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 25 Juli 2020

Penulis



NIDIARTI SINTA UTAMI
E100170073

Identifikasi Faktor- Faktor yang Mempengaruhi Dinamika Debit Maksimum Tahun 2015 – 2020 Menggunakan Metode Rasional Daerah Aliran Sungai (DAS) Pepe

Abstrak

DAS Pepe adalah salah satu SubDAS Bengawan Solo Bagian Hulu yang memiliki potensi banjir paling tinggi bila dibandingkan dengan DAS lain. Hal ini dipengaruhi oleh adanya gangguan fungsi hidrologi yang dimiliki. Permasalahan banjir DAS Pepe ini dapat dikendalikan dengan melakukan monitoring terhadap debit yang dihasilkan oleh DAS tersebut. Monitoring dilakukan dengan mengestimasi besarnya debit maksimum yang dimiliki selama kurun waktu 6 tahun observasi mulai dari 2015 – 2020, untuk mendapatkan monitoring yang lebih mendetail. Penelitian ini bertujuan untuk memvisualisasikan trend debit maksimum pada masing- masing SubDAS Pepe tahun 2015 – 2020, mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi dinamika debit maksimum dan menganalisis faktor dominan dalam parameter koefisien aliran menggunakan teknik skoring. Metode yang digunakan dalam penelitian ini bersifat kuantitatif, karena dalam pengolahan datanya melibatkan suatu perhitungan. Perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi perhitungan besarnya debit maksimum beserta parameter dengan menggunakan Metode Rasional. Perhitungan debit maksimum dilakukan untuk mendapatkan besarnya debit maksimum yang dimiliki oleh masing- masing SubDAS untuk setiap tahunnya. Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan dapat diketahui trend debit maksimum yang dibentuk oleh masing- masing SubDAS untuk setiap tahunnya mengalami fluktuasi dengan pola yang sama. Terjadi kenaikan pada tahun 2017, 2019 dan 2020 sedangkan penurunan terjadi pada tahun 2016, 2018. Faktor yang mempengaruhi dinamika debit maksimum dapat diklasifikasikan menjadi 2 yaitu dinamis dan statis. Faktor dinamis meliputi curah hujan, intensitas hujan, vegetasi dan nilai koefisien aliran, sedangkan faktor statis meliputi waktu konsentrasi, jenis tanah, topografi dan luas DAS. Berdasarkan teknik skoring yang telah dilakukan terhadap masing- masing SubDAS, faktor dominan yang dimiliki oleh SubDAS Hulu berupa topografi (0.26), SubDAS Tengah berupa jenis tanah (0.16) dan SubDAS Hilir berupa vegetasi (0.11).

Kata Kunci: Banjir, DAS Pepe, Debit Maksimum, Faktor Pengaruh

Abstract

Pepe Watershed is one of the Upper Solo Bengawan Sub-watersheds which has the highest flood potential when compared to other watersheds. This is influenced by the presence of hydrological function disturbances. The problem of flooding in the Pepe watershed can be controlled by monitoring the discharge generated by the watershed. Monitoring is carried out by estimating the maximum amount of discharge owned during a period of 6 years of observation starting from 2015 – 2020, to obtain more detailed monitoring. This study aims to visualize the trend of maximum discharge in each Pepe Sub-watershed in 2015 – 2020, identify factors that influence the dynamics of maximum discharge and analyze the dominant factor in the flow coefficient parameter using a scoring technique. The method used in this study is quantitative, because the data processing involves a calculation. The calculations carried out in this study include the calculation of the maximum discharge and parameters using the Rational Method. The calculation of the maximum discharge is carried out to obtain the maximum amount of debit owned by each Sub-DAS for each year. Based on the data processing that has been carried out, it can be seen that the maximum discharge trend formed by each Sub-DAS for each year fluctuates with the same pattern. There was an increase in 2017, 2019 and 2020 while a decrease occurred in 2016, 2018. The factors that affect the dynamics of the maximum discharge can be classified into 2, namely dynamic and static. Dynamic factors include rainfall, rainfall intensity, vegetation and flow coefficient values, while static factors include concentration time, soil type, topography and watershed area. Based on the scoring technique that has been carried out for

each sub-watershed, the dominant factor possessed by the upstream sub-watershed is topography (0.26), the middle sub-watershed is soil type (0.16) and the downstream sub-watershed is vegetation (0.11).

Keywords: Flood, Influence Factor, Maximum Discharge, Pepe Watershed

1. PENDAHULUAN

DAS Pepe adalah salah satu SubDAS Bengawan Solo Bagian Hulu yang memiliki potensi banjir paling tinggi bila dibandingkan dengan DAS lain. Tingginya potensi banjir menandakan adanya gangguan fungsi hidrologis yang terdapat dalam sebuah DAS, sehingga siklus hidrologi tidak mampu berjalan dengan baik. Gangguan siklus hidrologi ini dapat diperbaiki dengan melakukan monitoring terhadap sebuah DAS. Monitoring yang dilakukan dalam DAS Pepe ini dilakukan secara mendetail dengan menggunakan rentang tahun observasi 6 tahun mulai dari 2015 – 2020. Monitoring mendetail ini perlu dilakukan mengingat kondisi DAS Pepe yang cukup memprihatinkan.

Monitoring DAS dilakukan dengan mengamati tingginya debit maksimum yang dapat dihasilkan untuk setiap tahunnya. Melalui prasurey yang telah dilakukan dalam daerah observasi DAS Pepe ini belum memiliki data berupa debit sungai. Namun DAS ini memiliki alat pencatatan hidrologi berupa ARR (Automatic Rain Recorder) yang dapat digunakan sebagai media perekam besarnya hujan yang terjadi pada daerah tersebut. Hasil pencatatan dari alat ini dapat digunakan sebagai pemodelan hidrologi dalam estimasi prediksi sumber daya air berupa debit maksimum dari DAS Pepe. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi besarnya debit maksimum adalah metode rasional.

Metode rasional dapat dikatakan sebagai salah satu metode estimasi pengukuran debit maksimum yang paling sederhana dan tua namun banyak digunakan karna keakurasian hasil perhitungan yang relatif tinggi. Metode rasional ini paling cocok digunakan untuk menghitung besarnya debit maksimum pada luasan SubDAS yang berada pada wilayah dengan topografi yang relatif datar (Irfan, 2009). Menurut teori estimasi debit maksimum yang diambil dalam penelitian ini berupa metode rasional. Terjadinya dinamika debit maksimum ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti koefisien aliran (vegetasi, topografi dan jenis tanah), intensitas hujan (curah hujan dan waktu konsentrasi) dan luas dari DAS tersebut (Soewarno, 2000)

Penelitian ini juga membahas mengenai besarnya pengaruh yang diberikan oleh koefisien aliran terhadap debit maksimum yang dimiliki oleh sebuah DAS. Pengkajian ini dilakukan, karena faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya nilai koefisien aliran seperti topografi dan vegetasi memiliki karakteristik yang dinamis. Karakteristik yang dinamis ini dipengaruhi oleh kemampuan manusia dalam merubah/ merekayasa alam untuk memenuhi kebutuhan hidup. Pengkajian terhadap koefisien

aliran ini dilakukan untuk mengetahui faktor dominan. Penentuan ini didasarkan oleh hasil skoring dalam perhitungan besarnya koefisien aliran yang dimiliki oleh sebuah DAS, dengan mengetahui faktor dominan yang berperan dalam koefisien aliran, dapat dijadikan suatu masukan dalam pengambilan kebijakan oleh pemerintah untuk mengendalikan faktor tersebut agar debit maksimum pada DAS Pepe dapat dikendalikan, sehingga intensitas banjir yang terjadi pada daerah tersebut dapat berkurang.

Penelitian ini bertujuan untuk memvisualisasikan trend dinamika debit maksimum yang terjadi dalam kurun waktu 2015 – 2020, mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi dinamika dan menganalisis faktor dominan dalam parameter koefisien aliran menggunakan teknik skoring. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dibidang kajian dan dapat dijadikan suatu masukan bagi pemerintah dalam upaya pengendalian banjir khususnya DAS Pepe.

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisa data sekunder. Metode pengumpulan data menggunakan teknik data sekunder berupa curah hujan, data digital spasial jenis tanah dan penggunaan lahan, data digital spasial Rupa Bumi Indonesia (RBI) meliputi batas administrasi, jaringan sungai dan kontur. Metode analisis yang digunakan adalah kompleks wilayah. Metode yang digunakan dalam pengolahan data bersifat kuantitatif, karena dalam pengolahan datanya banyak memuat suatu perhitungan. Perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi luas DAS, curah hujan, waktu konsentrasi, intensitas hujan, nilai koefisien aliran dan debit maksimum.

2. 1. Objek penelitian

DAS Pepe, dengan panjang sungai utama 61,533 km dan luas mencapai 267,289 km². Asumsi yang dimiliki oleh metode rasional mengakibatkan DAS Pepe dipecah menjadi 3 SubDAS yang didasarkan oleh igir dan pola aliran sungai yang dimiliki. Berdasarkan hasil pembagian tersebut masing- masing SubDAS memiliki luasan sebagai berikut : Hulu 56,1 km², Tengah 125,7 km² dan Hilir 85,5 km²

2. 2. Curah Hujan

Perhitungan besarnya curah hujan yang dimiliki oleh masing- masing SubDAS menggunakan Metode Polygon Theissen dengan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{A_1 \times P_1 + A_2 \times P_2 + \dots + A_n \times P_n}{A_1 + A_2 + A_n} \quad (1)$$

Keterangan :

A1 : Area Curah Hujan 1

A2 : Area Curah Hujan 2

P1 : Curah Hujan 1

P2 : Curah Hujan 2

2. 3. Perhitungan besarnya waktu konsentrasi dengan menggunakan Metode California of Highways dengan rumus sebagai berikut

$$T_c = ((0.8 L^3) / H)^{0.385} \quad (2)$$

Keterangan :

L : Panjang Sungai Utama (km)

H : Beda Elevasi (m)

2. 4. Perhitungan intensitas hujan dengan menggunakan Metode Mononobe dengan rumus sebagai berikut

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24} \right) \left(\frac{24}{T_c} \right)^{0.67} \quad (3)$$

Keterangan :

R24 : Hujan Harian (mm/jam)

Tc : Waktu Konsetrasi (jam)

2. 5. Perhitungan nilai koefisien aliran menggunakan Metode Hassing dengan menggunakan teknik skoring terhadap parameter topografi, jenis tanah dan vegetasi, dengan tabel sebagai berikut

Tabel 1. Koefisien Aliran Menurut Hassing

No	Topografi (Ct)	C	Koefisien Limpasan (C) = Ct + Cs + Cv
1	Datar (<1%)	0,03	
2	Bergelombang (1 - 10%)	0,08	
3	Perbukitan (10 - 20%)	0,16	
4	Pegunungan (>20%)	0,26	
No	Tanah (Cs)	C	
1	Pasir dan krikil	0,04	
2	Lempung berpasir	0,08	
3	Lempung dan lanau	0,16	
4	Lapisan batu	0,26	
No	Vegetasi (Cv)	C	
1	Hutan	0,04	
2	Pertanian	0,11	
3	Rerumputan	0,21	
4	Tanpa tanaman	0,28	

Sumber : Hassing (1995) dalam Suripin (2014) hal. 81

2. 6.Perhitungan debit maksimum dengan menggunakan Metode Rasional dengan rumus sebagai berikut

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A \quad (4)$$

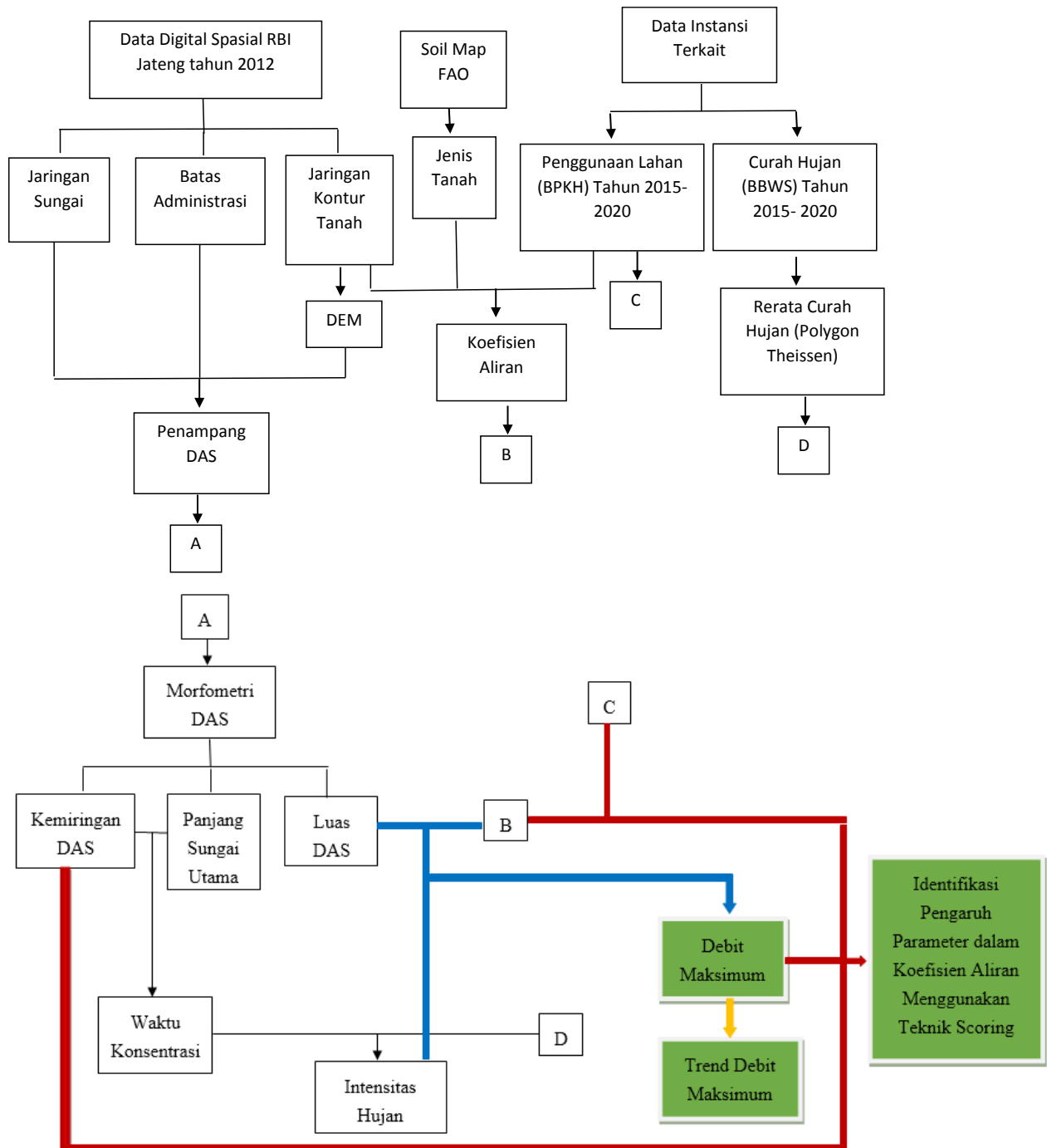
Keterangan :

C : Koefisien Aliran

I : Intensitas Hujan (mm/ jam)

A : Luas DAS (km²)

Tahapan penelitian secara garis besar diuraikan dalam gambar berikut



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3. 1. Luas DAS

Luas DAS adalah salah satu faktor yang bersifat statis. Hal ini dikarenakan tidak adanya perubahan nilai pada setiap tahun observasi (2015 – 2020) dalam masing- masing SubDAS. Berikut merupakan hasil perhitungan besarnya luas masing- masing SubDAS Pepe

Tabel 2. Luas DAS

Bagian DAS	Luas (km ²)
Hulu	56,1
Tengah	125,7
Hilir	85,5
Total	267,289

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa SubDAS Tengah memiliki luasan yang paling besar bila dibandingkan SubDAS Hulu dan Hilir dengan luas mencapai 125.7 km². Besarnya luasan yang dimiliki oleh SubDAS Tengah dipengaruhi oleh batasan fisik dari SubDAS tersebut berupa arah igir. Arah igir mempengaruhi besarnya supply air hujan yang masuk ke dalam sebuah SubDAS berdasarkan saluran yang dimiliki.

3. 2. Curah Hujan

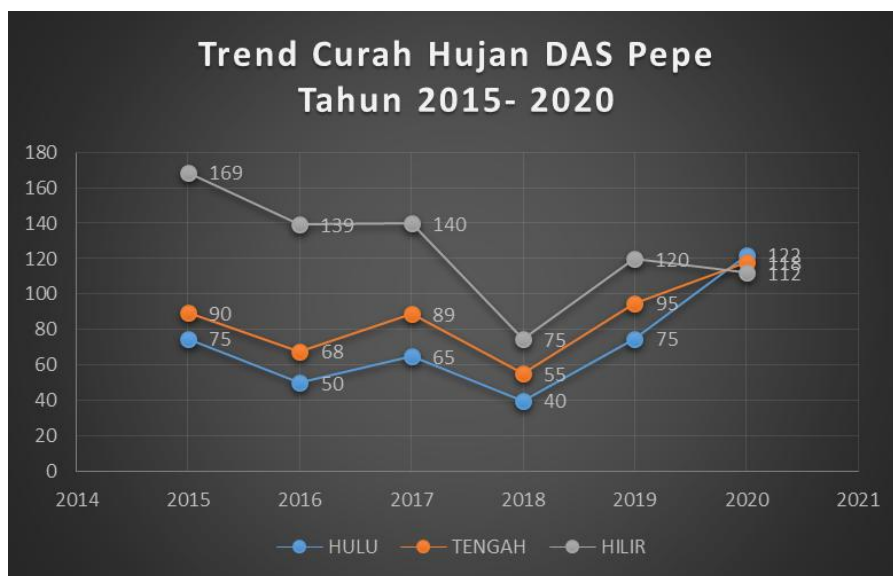
Perhitungan besarnya rata- rata curah hujan yang dimiliki oleh masing- masing SubDAS didasarkan oleh data pencatatan 6 stasiun ARR yaitu Pos Kiringan, Nepen, Tritis, Pabelan, Klaten dan Rejoso. Metode yang digunakan dalam perhitungan besarnya rata- rata curah hujan harian maksimum ini adalah Polygon Theissen. Hasil perhitungan besarnya curah hujan harian maksimum ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Curah Hujan Harian Maksimal

Tahun	Rerata Curah Hujan Maks (mm)		
	SubDAS Hulu	SubDAS Tengah	SubDAS Hilir
2015	75	90	169
2016	50	68	139
2017	65	89	140
2018	40	55	75
2019	75	95	120
2020	122	118	112

Tabel 3 tersebut menunjukkan bahwa curah hujan merupakan salah satu parameter yang bersifat dinamis. Hal ini dikarenakan nilai yang dimiliki dalam setiap tahunnya pada masing-masing SubDAS mengalami perubahan. SubDAS yang memiliki rentan nilai paling tinggi adalah SubDAS Hilir dengan rentan nilai sebesar 75 – 169 mm, sedangkan untuk SubDAS yang memiliki rentan nilai paling rendah adalah SubDAS Hulu sebesar 40 – 122 mm.

Besarnya curah hujan dalam SubDAS Hilir dipengaruhi oleh kondisi teknis dan klimatologis yang dimiliki. Secara teknis dipengaruhi oleh persebaran stasiun ARR yang distribusinya lebih didominasi dalam Kawasan SubDAS Hilir, sedangkan kondisi klimatologis berkaitan dengan ketinggian, kelembapan, tekanan dan arah angin. Ketinggian berpengaruh terhadap kelembapan. Semakin tinggi suatu tempat maka semakin besar kelembapan yang dimiliki oleh tempat tersebut. Kelembapan merupakan salah satu unsur dalam proses kondensasi. Awan yang terbentuk dalam proses kondensasi mengarah ke daerah dengan ketinggian yang relatif lebih rendah dipengaruhi oleh arah angin dalam Hukum Buys Ballot. Besarnya muatan uap air yang tersimpan dalam awan akan semakin berat dan rendah, sehingga terjadilah proses presipitasi (turunnya hujan), sehingga SubDAS Hilir memiliki curah hujan yang paling besar bila dibandingkan dengan SubDAS Tengah dan Hulu. Berikut merupakan visualisasi distribusi curah hujan ke dalam grafik trend



Gambar 2. Trend Curah Hujan DAS Pepe

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa besarnya curah hujan harian maksimum yang dimiliki oleh masing-masing SubDAS memiliki pola fluktuasi yang relatif sama. Hal ini ditandai oleh kenaikan dan penurunan pada masing-masing tahun observasi. Fluktuasi yang paling curam tahun 2018 terjadi penurunan sebesar 65 mm, sedangkan terlandai tahun 2017 sebesar 1 mm dalam SubDAS Hulu. SubDAS Tengah dan Hilir mengalami kenaikan pada tahun 2020 sedangkan SubDAS Hulu mengalami penurunan dalam tahun tersebut.

3. 3. Waktu konsentrasi

Waktu konsentrasi merupakan salah satu faktor yang bersifat statis. Hal ini ditandai oleh tidak adanya perubahan nilai yang terjadi pada masing- masing SubDAS dalam setiap tahunnya. Perhitungan besarnya waktu konsentrasi menggunakan Metode California of Highways. Metode ini berdasarkan pada parameter fisik DAS berupa panjang sungai utama dan beda elevasi yang didapatkan dari data berupa kontur. Hasil perhitungan waktu konsentrasi pada masing- masing SubDAS terdapat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Waktu Konsentrasi

SubDAS	Panjang Sungai (Km)	Beda Elevasi (m)	Waktu Konsentrasi (Jam)
Hulu	18.18	1512.5	1.56
Tengah	23.59	387.5	3.56
Hilir	19.73	37.5	7.12
Total	61.51	1937.5	12.25

Tabel 4 menunjukkan bahwa waktu konsentrasi yang dimiliki oleh SubDAS Hulu paling kecil sebesar 1.56 jam, sedangkan yang paling besar SubDAS Hilir sebesar 7.12 jam. Besarnya waktu konsentrasi lebih dipengaruhi oleh parameter beda elevasi. Hal ini dikarenakan nilai yang dihasilkan oleh faktor beda elevasi lebih besar bila dibandingkan dengan panjang sungai utama. Semakin besar beda elevasi yang dimiliki oleh SubDAS maka semakin singkat waktu konsentrasi yang dimiliki, begitu pula sebaliknya. Hal ini dipengaruhi oleh peran dari topografi sebagai suatu bidang luncur air, semakin besar kemiringan yang dimiliki maka semakin tinggi kecepatan alirannya. Tingginya kecepatan aliran ini mengakibatkan semakin singkatnya waktu yang diperlukan oleh curah hujan yang masuk ke dalam saluran terjauh hingga berkumpul dalam sebuah outlet.

3. 4. Intensitas Hujan

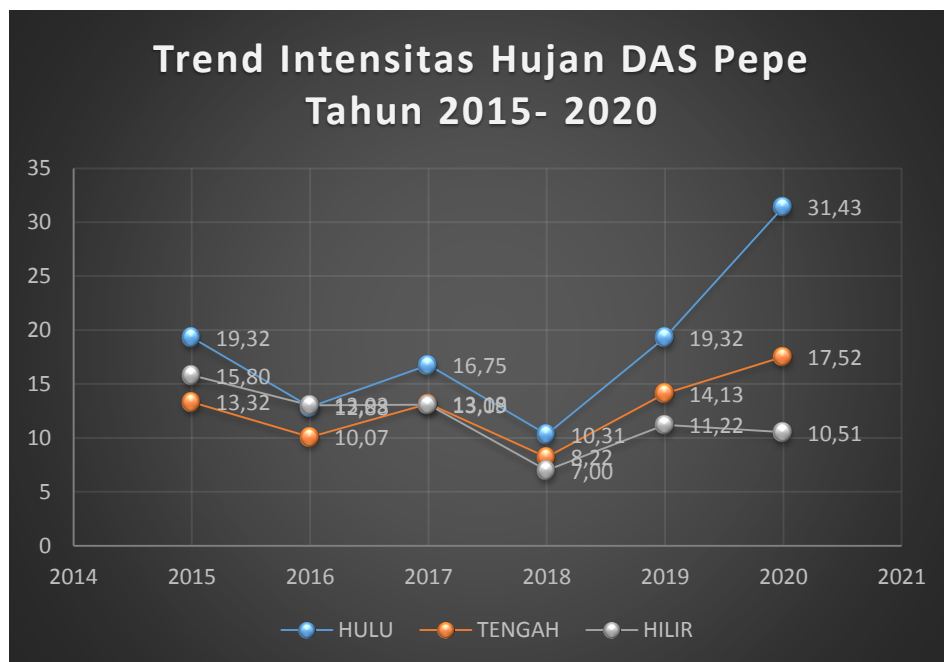
Intensitas hujan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi dinamika debit maksimum. Perhitungan besarnya intensitas hujan ini menggunakan Metode Mononobe dengan berdasarkan pada parameter waktu konsentrasui yang bersifat statis dan curah hujan yang bersifat dinamis. Hasil perhitungan intensitas hujan di tampilkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Intensitas Hujan

Tahun	SubDAS Hulu (mm/ jam)	SubDAS Tengah (mm/ jam)	SubDAS Hilir (mm/ jam)	Total (mm/ jam)
2015	19.32	13.32	15.80	48.44
2016	12.88	10.07	13.03	35.99

2017	16.75	13.18	13.09	43.02
2018	10.31	8.22	7.00	25.52
2019	19.32	14.13	11.22	44.68
2020	31.43	17.52	10.51	59.46

Tabel 5 tersebut menunjukkan bahwa faktor intensitas hujan merupakan salah satu faktor yang bersifat dinamis. Hal ini dikarenakan adanya perubahan nilai yang dimiliki oleh masing-masing SubDAS dalam setiap tahunnya. SubDAS Hulu memiliki nilai intensitas hujan yang paling besar dengan kisaran nilai sebesar 10.31 – 31.43 mm/ jam, sedangkan untuk intensitas curah hujan yang dimiliki oleh SubDAS Tengah dan Hilir dalam rentan nilai 10.07 - 17.52 mm/ jam dan 7 - 15.80 mm/ jam. Besarnya intensitas curah hujan ini lebih dipengaruhi oleh besarnya waktu konsentrasi yang dimiliki oleh masing- masing SubDAS. SubDAS yang memiliki waktu konsentrasi paling kecil dapat menghasilkan intensitas hujan yang paling besar, sehingga dapat diketahui hubungan yang dimiliki antara intensitas hujan dengan waktu konsentrasi bersifat negatif. Distribusi curah hujan setiap tahunnya divisualisasikan dalam trend diagram sebagai berikut



Gambar 3. Trend Intensitas Curah Hujan DAS Pepe

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa pola dan nilai intensitas curah hujan yang dimiliki oleh masing- masing SubDAS relatif sama. Perubahan nilai paling curam terjadi pada tahun 2020 dalam SubDAS Hulu terjadi kenaikan sebesar 12.11 mm/ jam, sedangkan paling landai terjadi pada tahun 2017 sebesar 0.06 dalam SubDAS Hilir.

3. 5. Topografi

Topografi adalah salah satu faktor yang digunakan dalam penentuan besarnya nilai koefisien aliran. Faktor ini bersifat statis didasarkan oleh kemiringan lereng yang dimiliki oleh masing- masing SubDAS. Kemiringan ini menentukan klasifikasi topografi dan mempengaruhi besarnya nilai koefisien yang dimiliki. Berikut merupakan tabel hasil skoring parameter topografi menurut Hassing

Tabel 6. Nilai koefisien Topografi

SubDAS	% Kemiringan	Klasifikasi	Nilai Koefisien
Hulu	21.87942	Pegunungan	0.26
Tengah	1.362249	Bergelombang	0.08
Hilir	0.201094	Datar	0.03

Berdasarkan tabel 6 dapat diketahui bahwa SubDAS yang memiliki nilai koefisien topografi paling tinggi adalah SubDAS Hulu sebesar 0.26. Besarnya nilai koefisien yang dimiliki oleh SubDAS Hulu ini dipengaruhi oleh peran topografi terhadap besarnya run off yang dapat dihasilkan. Topografi memiliki peran sebagai medan luncur aliran air yang jatuh ke dalam sebuah SubDAS. Semakin miring maka semakin tinggi laju aliran permukaan yang terjadi dalam SubDAS tersebut. Tingginya laju aliran permukaan ini mengakibatkan air yang jatuh ke permukaan tanah mengalami proses infiltrasi yang relatif lebih kecil. Kecilnya kemampuan infiltrasi ini menghasilkan limpasan air yang relatif lebih besar.

3. 6. Jenis Tanah

Jenis tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya nilai koefisien aliran, memiliki sifat statis. Jenis tanah didasarkan pada Peta Persebaran Tanah menurut FAO. Berikut merupakan tabel hasil skoring parameter jenis tanah menurut Hassing.

Tabel 7. Nilai koefisien jenis tanah

SubDAS	Jenis Tanah	Tekstur	Nilai Koefisien
Hulu	Mollic Andosol	Lempung berpasir	0.08
Tengah	Ochric Andosol	Lempung dan lanau	0.16
Hilir	Pellic Vertisol	Lempung berpasir	0.08

Tabel 7 menunjukan bahwa SubDAS Tengah memiliki tekstur yang paling berbeda bila dibandingkan dengan SubDAS Hulu dan Hilir berupa lempung dan lanau, selain itu SubDAS Tengah juga memiliki nilai koefisien aliran yang paling besar bila dibandingkan dengan

SubDAS Hulu dan Hilir sebesar 0.16. Besarnya nilai koefisien ini dipengaruhi oleh kemampuan permeabilitas yang dimiliki oleh tekstur lempung dan lanau. Lempung dan lanau memiliki nilai permeabilitas sebesar 7.5- 15 cm/ jam (Sedang), sedangkan lempung berpasir memiliki nilai 6.35- 12.7 cm/ jam (Agak Cepat) (Koesnaedi, 2007).

Kecilnya kemampuan permeabilitas yang dimiliki oleh tekstur lempung dan lanau dikarenakan partikel yang dimiliki oleh masing- masing butir dalam tanah lempung memiliki ukuran yang relatif kecil, sehingga rongga udara yang terdapat dalam tanah bertekstur lempung ini relatif kecil. Hal ini mengakibatkan ikatan/ agregat yang dimiliki oleh tanah bertekstur lempung ini relatif lebih kuat bila dibandingkan dengan tekstur tanah lain seperti pasir. Kuatnya agregat yang dimiliki mengakibatkan kemampuan tanah tersebut dalam meloloskan air relatif lebih kecil. Kemampuan permeabilitas yang dimiliki oleh tekstur tanah berbanding terbalik bila dibandingkan dengan run off. Hal ini dikarenakan air hujan yang jatuh ke permukaan tanah hanya mengalami 2 proses yaitu infiltrasi (masuk ke dalam tanah) ataupun run off (mengalir di atas permukaan tanah)

3. 7. Vegetasi

Vegetasi merupakan salah satu faktor dinamis yang dapat mempengaruhi besarnya nilai koefisien aliran yang dimiliki oleh masing- masing SubDAS. Besarnya nilai koefisien aliran ini didasarkan oleh luasan dominan dari vegetasi seperti hutan, pertanian, rerumputan dan tanah terbuka. Berikut merupakan hasil skoring parameter vegetasi setiap tahunnya menurut Hassing.

Tabel 8. Nilai Koefisien Aliran Vegetasi

Tahun	SubDAS Hulu		SubDAS Tengah		SubDAS Hilir	
	Vegetasi	Nilai Koefisien	Vegetasi	Nilai Koefisien	Vegetasi	Nilai Koefisien
2015	Hutan	0.04	Pertanian	0.11	Pertanian	0.11
2016	Hutan	0.04	Pertanian	0.11	Pertanian	0.11
2017	Hutan	0.04	Pertanian	0.11	Pertanian	0.11
2018	Hutan	0.04	Pertanian	0.11	Pertanian	0.11
2019	Pertanian	0.11	Pertanian	0.11	Pertanian	0.11
2020	Pertanian	0.11	Pertanian	0.11	Pertanian	0.11

Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui bahwa vegetasi dominan yang terdapat dalam DAS Pepe berupa hutan dan pertanian. Vegetasi pertanian mendominasi dalam SubDAS Tengah dan Hilir. Hal ini dipengaruhi oleh penggunaan lahan yang terdapat dalam Daerah Administasi

dominan yang terdapat dalam masing- masing SubDAS. SubDAS Hulu didominasi oleh Kabupaten Boyolali, sedangkan SubDAS Hilir didominasi oleh Kabupaten Karanganyar. Kedua kabupaten tersebut memiliki sector andalan dalam PDRB berupa Pertanian.

Vegetasi Hutan hanya terdapat pada SubDAS Hulu pada tahun 2015 – 2018. Perubahan luasan vegetasi yang terjadi dalam SubDAS Hulu dikarenakan adanya perubahan penggunaan lahan besar- besaran terhadap kawasan hutan menjadi kawasan pertanian. Hal ini mengakibatkan perubahan nilai koefisien yang dimiliki oleh SubDAS Hulu, perubahan yang terjadi sebesar 0.07.

Besarnya nilai koefisien pertanian lebih besar bila dibandingkan hutan. Hal ini didasarkan pada kemampuan penyerapan air oleh akar vegetasi. Semakin besar dan panjang akar yang dimiliki maka semakin besar penyerapan yang dapat dilakukan terhadap air permukaan, sehingga proses infiltrasi yang terjadi relatif lebih besar. Besarnya proses infiltrasi berbanding terbalik dengan proses run off. Hal ini mengakibatkan pertanian memiliki nilai koefisien yang lebih besar bila dibandingkan dengan hutan, karena akar yang dimiliki oleh pertanian relatif lebih kecil dan pendek.

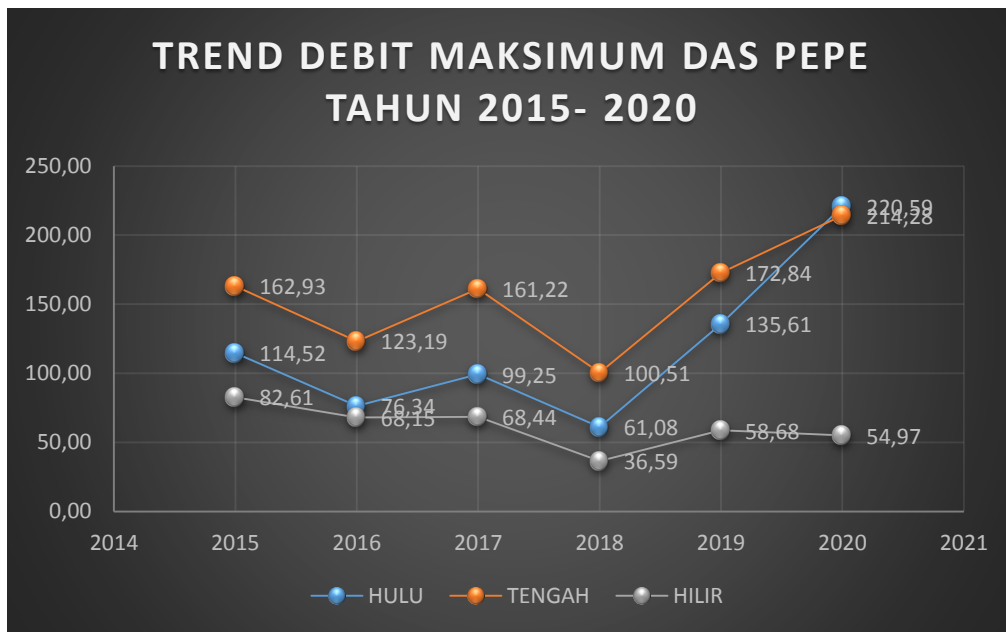
3. 8. Trend Debit Maksimum

Perhitungan debit maksimum menggunakan Metode Rasional. Metode ini mendasarkan pada faktor dinamis berupa intensitas hujan dan nilai koefisien aliran serta faktor yang bersifat statis berupa luas DAS. Berikut merupakan hasil perhitungan besarnya debit maksimum pada masing- masing SubDAS.

Tabel 9. Debit Maksimum

Tahun	Debit Maksimum (m ³ / detik)		
	SubDAS Hulu	SubDAS Tengah	SubDAS Hilir
2015	114.52	162.93	82.61
2016	76.34	123.19	68.15
2017	99.25	161.22	68.44
2018	61.08	100.51	36.59
2019	135.61	172.84	58.68
2020	220.59	214.28	54.97

Berdasarkan Tabel 9 dapat diketahui bahwa debit maksimum yang memiliki nilai paling tinggi adalah SubDAS Tengah dengan kisaran nilai 100.51 – 214.28 m³/ detik, sedangkan untuk SubDAS yang memiliki nilai paling rendah adalah SubDAS Hilir dengan rentan nilai sebesar 36.59 – 82.61 m³/ detik, untuk mendapatkan tampilan mendetail tentang dinamika debit maksimum yang terjadi pada masing- masing SubDAS dapat dilihat dalam dalam Gambar 4



Gambar 4. Trend Debit Maksimum DAS Pepe

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa dinamika debit yang terjadi pada masing-masing SubDAS memiliki pola yang relative sama. Hal ini ditandai dengan adanya kenaikan dan penurunan pada tahun yang sama. Kenaikan dan penurunan ini dipengaruhi oleh adanya faktor dinamis berupa intensitas hujan dan nilai koefisien aliran. Bila ditinjau dari besarnya pengaruh yang diberikan terhadap debit maksimum, faktor intensitas hujan relatif lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai koefisien aliran. Hal ini dikarenakan nilai koefisien aliran hanya berkisar kurang dari 1 (0.03 – 0.28), sedangkan intensitas hujan memiliki nilai lebih dari 1 serta bervariasi untuk setiap tahunnya. Rentan nilai yang dimiliki oleh intensitas hujan berdasarkan Gambar 3 sebesar 7 mm/ jam – 31.43 mm/ jam.

Gambar 4 juga menunjukkan besarnya debit maksimum yang dimiliki oleh SubDAS Tengah dari tahun 2015- 2020 memiliki nilai yang paling besar bila dibandingkan dengan SubDAS Hulu dan Hilir dengan kisaran nilai 100,51 m³/ detik – 214,28 m³/ detik. Besarnya nilai debit maksimum yang dimiliki oleh SubDAS Tengah paling dipengaruhi oleh faktor fisik berupa luasan SubDAS. Bila ditinjau dari Tabel 2 luasan yang dimiliki oleh SubDAS Tengah ini paling besar bila dibandingkan dengan kedua SubDAS lain seperti Hulu dan Hilir. Besarnya luasan SubDAS Tengah ini mencapai 125.70 km². Gambar 3 menunjukkan trend grafik intensitas hujan. Intensitas hujan yang dimiliki oleh SubDAS Tengah ini relatif lebih tinggi bila dibandingkan dengan SubDAS Hilir namun relatif lebih rendah bila dibandingkan dengan SubDAS Hulu. Kisaran intensitas hujan yang dimiliki oleh SubDAS Tengah mencapai 10,07 mm/ jam – 17,52 mm/ jam, sedangkan untuk besarnya nilai koefisien aliran yang dimiliki oleh SubDAS Tengah relatif lebih besar bila dibandingkan dengan SubDAS Hilir namun relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan SubDAS Hulu sebesar 0,35.

Gambar 4 menunjukkan besarnya debit maksimum yang dimiliki oleh SubDAS Hilir dari tahun 2015- 2020 memiliki nilai yang paling kecil bila dibandingkan dengan SubDAS Hulu dan Tengah dengan kisaran nilai $36,59 \text{ m}^3/\text{detik}$ – $82,61 \text{ m}^3/\text{detik}$. Besarnya nilai debit maksimum yang dimiliki oleh SubDAS Hilir paling dipengaruhi oleh faktor fisik berupa intensitas hujan dan nilai koefisien aliran. Bila ditinjau dari Gambar 3 berupa trend grafik intensitas curah hujan. Besarnya intensitas curah hujan yang dimiliki oleh SubDAS Hilir ini relatif lebih besar bila dibandingkan dengan SubDAS Tengah dan relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan SubDAS Hulu, dengan kisaran 7 mm/jam – $15,80 \text{ mm/jam}$. Tabel 2 menunjukkan besarnya luasan dan nilai koefisien aliran dalam SubDAS Hilir. Luasan yang dimiliki oleh SubDAS Hilir ini sebesar $85,5 \text{ km}^2$, luasan ini dapat dikatakan relatif lebih besar bila dibandingkan dengan SubDAS Hulu namun relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan SubDAS Tengah. Nilai koefisien aliran yang dimiliki oleh SubDAS Hilir sebesar 0.22, perolehan nilai koefisien aliran ini paling kecil bila dibandingkan dengan kedua SubDAS lain seperti Hulu dan Tengah.

Berdasarkan perolehan masing- masing faktor yang mempengaruhi besarnya debit maksimum tertinggi dan terendah selama kurun waktu 6 tahun. Dapat diketahui bahwa terdapat keterkaitan yang sangat erat terhadap masing- masing faktor. Semakin besar nilai luasan, intensitas hujan dan nilai koefisien yang dimiliki, maka semakin besar pula debit maksimum yang dapat dihasilkan. Hal ini dikarenakan antara faktor dan debit maksimum memiliki hubungan positif. Besarnya debit maksimum tidak hanya di dasarkan oleh luasan SubDAS, namun juga didasarkan oleh besarnya intensitas hujan dan nilai koefisien aliran yang dimiliki. Hal ini ditandai dengan perolehan debit maksimum dalam SubDAS Hilir.

SubDAS Hilir merupakan salah satu SubDAS yang memiliki nilai debit maksimum paling kecil bila dibandingkan dengan kedua SubDAS lain seperti Hulu dan Tengah. SubDAS ini memiliki luasan yang relatif lebih besar bila dibandingkan dengan SubDAS Hulu, namun memiliki nilai intensitas hujan dan koefisien aliran yang relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan SubDAS Hulu, sehingga nilai debit yang dihasilkan oleh SubDAS Hilir relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan SubDAS Hulu.

Besarnya debit maksimum ini dapat dikendalikan dengan cara merekayasa faktor yang mempengaruhi besarnya debit. Berdasarkan ke tiga faktor berupa luas SubDAS, intensitas hujan dan koefisien aliran, hanya terdapat sebuah faktor yang dapat direkayasa oleh manusia yaitu koefisien aliran, sehingga pengendalian besarnya debit dapat diatasi dengan merekayasa nilai koefisien aliran.

3. 9. Faktor Dominan dalam Koefisien Aliran

Berikut merupakan hasil skoring masing- masing parameter yang digunakan dalam penentuan besarnya nilai koefisien aliran menurut Hassing meliputi topografi, jenis tanah dan vegetasi

Tabel 10. Hasil Skoring Faktor Penentu Koefisien Aliran

SubDAS	Topografi	Jenis Tanah	Vegetasi	Total	Faktor Dominan
Hulu	0.26	0.08	0.04	0.26	Topografi
Tengah	0.08	0.16	0.11	0.35	Jenis Tanah
Hilir	0.03	0.08	0.11	0.22	Vegetasi

Berdasarkan Tabel 10 dapat diketahui bahwa masing- masing SubDAS memiliki faktor dominan yang bervariasi. SubDAS Hulu memiliki faktor dominan berupa topografi, SubDAS Tengah memiliki faktor dominan berupa Jenis Tanah dan SubDAS Hilir memiliki faktor dominan berupa vegetasi. Penentuan faktor dominan ini dilakukan dengan cara membandingkan besarnya skor yang dimiliki oleh setiap parameter pada masing- masing SubDAS.

SubDAS Hulu memiliki nilai koefisien topografi yang paling tinggi bila dibandingkan dengan SubDAS Tengah dan Hilir dikarenakan topografi yang dimiliki oleh SubDAS Hulu berupa pegunungan dengan nilai kemiringan sebesar 21.87942 %. Besarnya kemiringan yang dimiliki mengakibatkan kecepatan laju aliran permukaan semakin tinggi. Tingginya laju aliran permukaan ini mengakibatkan besarnya limpasan yang dapat dihasilkan, karena kemampuan permeabilitas relatif rendah.

SubDAS Tengah memiliki nilai koefisien jenis tanah yang paling tinggi bila dibandingkan dengan SubDAS Hulu dan Hilir dikarenakan jenis tanah yang dimiliki oleh SubDAS Tengah berupa lempung dan lanau. Jenis tanah lempung dan lanau ini menghasilkan nilai permeabilitas yang relatif lebih rendah bila dibandingkan dengan lempung berpasir. Nilai permeabilitas ini berbanding terbalik dengan run off yang dapat dihasilkan.

SubDAS Hilir memiliki nilai koefisien vegetasi yang paling tinggi bila dibandingkan dengan SubDAS Hulu. Hal ini dikarenakan kemampuan penyerapan air oleh akar kawasan pertanian ini relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan kawasan hutan, sehingga besarnya run off yang dihasilkan relatif lebih tinggi.

4. PENUTUP

Hasil perhitungan debit maksimum menunjukkan SubDAS Tengah memiliki nilai debit yang paling tinggi dengan kisaran nilai 100.51 – 214.28 m³/ detik, sedangkan SubDAS Hilir memiliki

nilai debit yang paling kecil berkisar $36.59 - 82.61 \text{ m}^3/\text{detik}$. Gambar 4 menunjukkan kenaikan dan penurunan nilai debit maksimum dalam masing- masing SubDAS. Kenaikan terjadi pada tahun 2017, 2019, 2020, sedangkan penurunan terjadi pada tahun 2016 dan 2018. Kenaikan dan penurunan debit maksimum ini dipengaruhi oleh adanya faktor dinamis berupa intensitas hujan dan koefisien aliran. Hal ini dikarenakan adanya perubahan nilai pada parameter intensitas hujan dan nilai koefisien aliran. Intensitas hujan mengalami perubahan nilai untuk setiap tahunnya pada masing- masing SubDAS, sedangkan perubahan nilai pada koefisien aliran hanya terjadi dalam SubDAS Hulu pada tahun 2018 – 2019. Terjadi peningkatan sebesar 0.07, karena adanya perubahan penggunaan lahan dominan dari kawasan hutan menjadi pertanian

Faktor yang mempengaruhi dinamika debit maksimum dapat diklasifikasikan menjadi 2 yaitu dinamis dan statis. Faktor dinamis dapat didefinisikan sebagai sebuah faktor yang memiliki perubahan nilai pada setiap satuan waktu tertentu, sedangkan faktor statis adalah faktor yang tidak memiliki perubahan nilai pada setiap satuan waktu tertentu. Faktor dinamis meliputi curah hujan, intensitas hujan, vegetasi dan nilai koefisien aliran, sedangkan faktor statis meliputi waktu konsentrasi, jenis tanah, topografi dan luas DAS.

Perubahan besarnya nilai intensitas hujan terjadi setiap tahunnya pada masing- masing SubDAS. SubDAS yang memiliki nilai intensitas hujan paling tinggi adalah SubDAS Hulu dengan kisaran nilai $10.31 \text{ mm/jam} - 31.43 \text{ mm/jam}$, sedangkan untuk SubDAS yang memiliki nilai paling rendah adalah SubDAS Hilir dengan kisaran nilai $7 - 15.80 \text{ mm/jam}$. Besar kecilnya intensitas hujan yang dimiliki oleh masing- masing SubDAS setiap tahunnya dipengaruhi oleh waktu konsentrasi yang bersifat statis dan curah hujan yang bersifat dinamis. Besarnya curah hujan yang dimiliki oleh masing- masing SubDAS sebagai berikut SubDAS Hilir memiliki jumlah curah hujan yang paling tinggi, dengan kisaran sebesar $75 \text{ mm} - 169 \text{ mm}$, sedangkan curah hujan yang dimiliki oleh SubDAS Hulu berkisar $40 \text{ mm} - 112 \text{ mm}$ dan SubDAS Tengah berkisar $55 \text{ mm} - 118 \text{ mm}$. Perubahan besarnya curah hujan ini dipengaruhi kondisi klimatologis yang dimiliki oleh masing- masing SubDAS berupa kelembapan dan arah angin. Faktor dinamis lainnya adalah nilai koefisien aliran. Perubahan nilai koefisien aliran hanya terjadi dalam SubDAS Hulu pada tahun 2018 – 2019, terdapat kenaikan sebesar 0.07. Hal ini dikarenakan terjadi perubahan vegetasi dominan berupa kawasan hutan menjadi pertanian.

Faktor statis berupa waktu konsentrasi yang dimiliki oleh masing masing SubDAS sebagai berikut SubDAS Hulu sebesar 1.56 jam, SubDAS Tengah sebesar 3.56 jam dan SubDAS Hilir sebesar 7.12 jam. Besarnya waktu konsentrasi ini dipengaruhi oleh karakteristik masing- masing SubDAS berupa panjang sungai utama dan beda elevasi. Luasan yang dimiliki oleh masing- masing SubDAS sebagai berikut SubDAS Hulu sebesar 56.1 km^2 , SubDAS Tengah 125.7 km^2

dan SubDAS Hilir sebesar 85.5 km². Luasan SubDAS dipengaruhi oleh batasan fisik berupa arah igir. Arah igir mempengaruhi besarnya supply air hujan yang masuk ke dalam sebuah SubDAS berdasarkan saluran yang dimiliki. Tekstur tanah yang dimiliki oleh masing- masing SubDAS sebagai berikut SubDAS Hulu dan Hilir berupa lempung berpasir (0.08), sedangkan SubDAS Tengah berupa lempung dan lanau (0.16). Tekstur ini dipengaruhi oleh jenis tanah dominan yang terdapat dalam masing- masing SubDAS. Jenis tanah dominan yang terdapat dalam SubDAS Hulu berupa Mollic Andosol, SubDAS Tengah berupa Ochric Andosols dan SubDAS Hilir berupa Pellic Vertisol. Topografi yang dimiliki oleh masing- masing SubDAS sebagai berikut SubDAS Hulu berjenis pegunungan (0.26), SubDAS Tengah berjenis bergelombang (0.08) dan SubDAS Hilir berjenis datar (0.03). Keberagaman topografi dalam masing- masing SubDAS dikarenakan kawasan DAS yang relatif besar dengan cakupan administrasi Kabupaten Boyolali, Kabupaten Karanganyar dan Kota Surakarta dan letak geografis yang dikelilingi oleh Gunung Merapi, Merbabu dan Lawu.

Faktor dominan yang dimiliki oleh SubDAS Hulu berupa topografi dengan perolehan skor 0.26, SubDAS Tengah berupa jenis tanah dengan perolehan skor 0.16 dan SubDAS Hilir berupa vegetasi dengan perolehan skor 0.11. Berdasarkan hasil tersebut dapat disarankan beberapa alternatif yang dapat digunakan dalam merekayasa ke 3 faktor tersebut agar pengendalian debit maksimum dapat tercapai. Berikut merupakan beberapa rekayasa yang dapat dilakukan dalam masing- masing SubDAS :

- a. Rekayasa yang dapat dilakukan dalam SubDAS Hulu dengan menerapkan sistem terasering. Sistem terasering dapat digunakan untuk meningkatkan besarnya kadar air tanah, karena besarnya laju aliran permukaan dapat diperlambat. Perlambatan dari laju aliran permukaan ini mengakibatkan peningkatan dalam proses infiltrasi, sehingga laju aliran permukaan dapat berkurang.
- b. Rekayasa yang dapat dilakukan dalam SubDAS Hilir dengan mempertahankan luasan dari ruang terbuka hijau yang masih dimiliki dengan mempertegas peraturan yang mengatur mengenai AMDAL dengan memberikan sanksi yang berat bagi para pelanggar. Selain itu dapat pula digalakan aksi penanaman pohon pada bahu jalan untuk memperluas area resapan pada daerah yang padat penduduk seperti Kota Surakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Djaja Subardja, d. (2016). *Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional*. Bogor: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Kusnaedi. (2007). *Sumur Resapan untuk Permukiman Perkotaan dan Pedesaan*. Jakarta: Jakarta Penebar Swadaya.

- Pramono, I. B. (2010). Penerapan Metode Rational untuk Estimasi Debit Maksimum pada beberapa Luas SubDAS. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, Vol. 7, No. 2, 149- 159.
- Priyana, A. N. (2020). *Estimasi dan Prediksi Sumber Daya Air (EPSDA)*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Yunus, H. S. (2008). *Metodologi Penelitian Wilayah Kontemporer*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.